

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra robototechniky

Konstrukce subsystému servisního robotu pro čištění střech

Design of the Service Robot Subsystem for Cleaning of Roofs Surface

Student:

Daniel Heczko

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D

Ostrava 2014

Zadání bakalářské práce

Student:

Daniel Heczko

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2301R013 Robotika

Téma:

Konstrukce subsystému servisního robotu pro čištění střech
Design of the Service Robot Subsystem for Cleaning of Roofs Surface

Zásady pro vypracování:

1. Analyzujte současný stav servisních robotů v oblasti údržby střešních ploch budov. Využijte výsledků diplomové práce Ing. Kamila Janeckého.
2. Specifikujte požadavky pro konstrukční návrh subsystému servisního robotu.
3. Navrhněte varianty řešení subsystému pro čištění střešních ploch. Vyberte optimální variantu.
4. Podrobně zpracujte vybranou variantu a doložte výkresovou a výpočtovou dokumentací.
5. V závěru zhodnoťte navrženou variantu a vypočítejte výrobní náklady.

Práci též doložte v elektronické podobě, ve formátu editoru MSWORD a konstrukční řešení v CAD systému (podle pokynů vedoucího).

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce. [online]. [cit. 2012-11-07]. Dostupné z [www: <http://robot.vsb.cz/pozadavky-na-prace>](http://robot.vsb.cz/pozadavky-na-prace)
- [2] ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
- [3] ISO 690. *Bibliografické citace: Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.
- [4] Moodle, kurz: Technická dokumentace ZS 2012. [online]. [cit. 2013-10-13]. Dostupné z [www: <http://lms.vsb.cz/course/view.php?id=5803>](http://lms.vsb.cz/course/view.php?id=5803)
- [5] PALKO, A. - SMRČEK, J. *Robotika, koncové efekторы pre priemyslné a servisné roboty*. Košice: Edícia vedeckej a odbornej literatury strojncké technické univerzity v Košiciach, 2004. 274 s. ISBN 80-8073-218-3
- [6] JANECKÝ, K. *Servisní robot pro údržbu střešních ploch*. Ostrava, 2012. Diplomová práce. VŠB-TU Ostrava.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014



prof. Dr. Ing. Petr Novák
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....
podpis studenta

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych touto cestou vyjádřil poděkování panu doc. Ing. Zdeňkovi Konečnému, Ph.D za jeho cenné rady, připomínky, trpělivost a ochotu při vedení bakalářské práce.

Prohlašuji, že

- jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.
- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářské práci nebo poskytnou licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :

.....

Podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Daniel Heczko

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Milíkov 240, 739 81

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

HECZKO, D. *Konstrukce subsystému servisního robotu pro čištění střech: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra Robototechniky, 2014, 53s., Vedoucí práce: doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D

Práce se zabývá konstrukčním návrhem čisticího nástavce servisního robotu pro údržbu střech. V úvodu je provedena analýza typu střech a možnosti jejich čištění. Na základě této analýzy byl sestaven požadavkový list a zpracovány varianty řešení, z nichž byla pomocí hodnotové analýzy vybrána optimální varianta. Tato varianta byla podrobně zpracována a doplněna 3D modelem, výkresovou dokumentací a výpočty.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

HECZKO, D. *Design of the Service Robot Subsystem for Cleaning of Roofs Surface: bachelor thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Robotics, 2014, 53s., Head of thesis: doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D

The thesis deals with the construction design of the cleaning attachment service robot for the maintenance of roof surfaces. The introduction is an analysis of the types of roofs and the possibility of cleaning. On the basis of this analysis a request list was compiled and processed variants of solution, from which the value of analysis were compiled using selected optimal variant. This variant was elaborated in detail and supplemented 3D models, drawings and calculations.

Obsah

Seznam použitých značek.....	10
0. Úvod.....	11
1. Rozbor střech.....	12
1.1. Typy střech.....	12
1.1.1. Rozdělení střech podle počtu pláštů	12
1.1.2. Rozdělení střech podle sklonu	12
1.2. Střešní krytina.....	15
1.2.1. Druhy střešní krytiny.....	16
1.3. Čištění střech	18
1.4. Servisní roboty pro čištění.....	20
1.4.1. Robot pro čištění okapů - iRobot Looj 330	21
1.4.2. Robot pro čištění skel – HOBOT – 168.....	22
2. Požadavkový list.....	23
3. Varianty řešení	24
3.1. Varianta A.....	24
3.2. Varianta B.....	25
3.3. Varianta C.....	25
3.4. Varianta D.....	26
4. Hodnotová analýza	26
4.1. Hodnocená kritéria.....	27
4.2. Významnost kritérií.....	27
4.3. Přiřazení číselných hodnot ke kritériím	27
4.4. Stupnice hodnocení.....	28
4.5. Určení významností kritérií.....	28
4.6. Hodnocení variant	29
4.7. Vítězná varianta.....	30
5. Technologický postup.....	31
6. Popis nástavce.....	32
6.1. Parametry subsystému.....	33
6.2. Konstrukce rámu.....	33
6.3. Uložení baterií a nádrže.....	34
6.4. Uložení motoru, převodovky a hnací řemenice.....	35
6.5. Uložení kartáčů.....	36

6.6. Napínací mechanismus řemene.....	37
6.7. Uložení čerpadla a rozvod čisticí kapaliny.....	39
6.8. Připojení nástavce k robotu a rozvod vody.....	40
6.9. Krytování.....	43
7. Návrh pohonu pro pohyb kartáčů.....	45
8. Výpočet hřídele převodovky.....	47
9. Cenová bilance.....	49
10. Technicko-ekonomické zhodnocení.....	49
11. Závěr.....	50
12. Použitá literatura.....	51
13. Seznam příloh.....	53

Seznam použitých značek

Značka	Veličina	Jednotka
D	průměr kartáče	mm
d	průměr hřídele	mm
f	třecí odpor	-
F_{RS}	síla působící na hřídel převodovky	N
F_t	třecí síla	N
F_{vx}	výsledná síla v ose X	N
F_{vy}	výsledná síla v ose Y	N
F_x	síla v ose X	N
F_y	síla v ose Y	N
g	tíhové zrychlení	$m \cdot s^{-2}$
k	deformace vlákna	-
k_b	koeficient bezpečnosti	-
l	délka	mm
m	hmotnost	kg
M_c	celkový moment	Nm
M_k	krouticí moment	Nm
M_o	ohybový moment	Nm
M_t	třecí moment	Nm
n	otáčky	ot/min
P	výkon	W
R	poloměr kartáče	mm
v	rychlost	$m \cdot s^{-1}$
W_k	modul průřezu v krutu	m^3
W_o	modul průřezu v ohybu	m^3
σ_o	napětí v ohybu	MPa
σ_{oDOV}	dovolené napětí v ohybu	MPa
τ_k	napětí v krutu	MPa
τ_{kDOV}	dovolené napětí v krutu	MPa
ω	úhlová rychlost	$rad \cdot s^{-1}$

Tab. 1 – seznam značek

ÚVOD

V současnosti je o servisní roboty stále větší zájem. Začínají se využívat v domácnosti jako např. vysavače, dále zahradní technika např. sekačky. Tyto roboty lze v dnešní době pořídit za přístupnou cenu.

Lidé stále hledají využití těchto robotů. Příkladem je robot HOBOT - 168, který se pomocí podtlaku v motoru přisaje na sklo a po zmáčknutí tlačítka start na ovládači vyjede do horní části okna a sám rychlostí 1 m² za 4 minuty okno vyčistí.

Dále robot Looj 330 od firmy iRobot, která si všimla, že na trhu není moc robotů, které by pracovaly na střechách. Vyvinula tedy robot, který čistí okapy. Jak bylo zmíněno, pro práci na střechách moc robotů neexistuje a to otevírá nové možnosti.

Nejprve je nutné provést analýzu střech, hlavně co se týče jejich sklonu. Určit nepřijatelnější podmínky pro robot s čisticím nástavcem. Důležité je rovněž určit druh střešní krytiny, kterou robot bude čistit.

Z hlediska bezpečnosti je důležité krytování veškerých funkčních částí, aby nedošlo k úrazu člověka. Dále rovněž nesmí dojít k poškození čištěného povrchu a ohrožení lidí v budově.

1. Rozbor střech

1.1 Typy střech

Střecha je stavební konstrukce, která ukončuje stavbu shora a chrání ji proti povětrnostním vlivům. Též odvádí vodu a brání jí v nahromadění. Skládá se z nosné konstrukce (např. krov) a střešní krytiny. Střechy se v zásadě rozdělují na ploché a sklonité (šikmé a strmé), nebo na zateplené a nezateplené.

Tvar a celkové provedení střechy velmi závisí na místních klimatických podmínkách. V tropických a subtropických oblastech se například tradičně častěji uplatňují střechy ploché, oproti tomu v mírných a chladných podnebných pásích jsou běžnější střechy šikmé.

1.1.1 Rozdělení střech podle počtu plášťů

- **jednoplášťové** - většina střech na obytných budovách
- **víceplášťové** - většinou dvouplášťové, používají se na větších veřejných či účelových stavbách, svrchní vrstva zpravidla plní funkci ochrannou a hydroizolační, vnitřní vrstva (nad stropem) je tepelně izolační, prostor mezi vrstvami je odvětráván a může být přístupný pro kontrolu stavu, někdy se využívá jako nenáročný odkládací prostor (půda) [1]

1.1.2 Rozdělení střech podle sklonu

- **ploché** – sklon střešních rovin 0-5°

Ploché střechy (obr. 1) jsou svou konstrukcí nejjednodušším typem střech. Plochá střecha může být konstruována jako nepochůzná nebo pochůzná. Na nepochůznou střechu mají přístup jen pověřené a poučené osoby. Pochůzná - provozní střecha je střecha určená pro trvalé využití. Při konstrukci ploché střechy se vyplatí použít dobrou hydroizolaci, protože při vzniku nějaké závady na ní hrozí možnost zatékání. Plochá střecha je stavěna ve dvou konstrukčních řešeních. Jde o jednoplášťovou nebo dvouplášťovou plochou střechu. Zvláštním typem ploché střechy je střecha zelená. [2]



Obr. 1 – objekt s plochou střechou

Zelené střechy představují typ střech, které jsou osazeny nějakým druhem vegetace. Střecha může být pokryta půdou nebo pěstebním substrátem. Zelené střechy se dělí na extenzivní a intenzivní.

Extenzivní střešní zeleň je vhodná pro konstrukce, které mají únosnost $60 - 300 \text{ kg/m}^2$. K zazelenění se používá skalniček, trvalek a rostlin snášejících extrémní podmínky střídání teplot.

Intenzivní střešní zeleň je vhodná pro konstrukce s únosností 1000 kg/m^2 . Na těchto konstrukcích je pak možné vytvořit zahradu s keři a nízkými stromy.

Zelené střechy (Obr. 2) jsou přínosem pro životní prostředí měst, protože produkují kyslík a pohlcují oxid uhličitý, fungují jako filtry zachycující částice prachu a brání jeho víření, absorbují škodlivé látky. Poradí si s přehříváním střech, redukuje výkyvy teplot, zajišťují tepelnou a zvukovou izolaci. Na zelených střechách mohou mít lidé zahrádku a pěstovat zde květiny nebo zeleninu. Při jejich konstrukci je třeba věnovat dostatek pozornosti hydroizolační vrstvě a zajištění jejich dostatečné pevnosti. [2]



Obr. 2 – objekt se zelenou střechou

- **šikmé** – sklon do 45°
- **strmé** – sklon nad 45°
- Pro šikmé a strmé – sklon nad 45° se používá souhrnný název sklonité střechy.

Sklonité střechy a jejich typy:

- **Pultová** střecha (Obr. 3) má jen jednu střešní rovinu s hřebenem a okapem a tři štíty (dva boční a hřebenový). Používá se především na stavby na hranici pozemku, na přístavky, na části činžovních domů přiléhající podélně k sousedním domům a v ekologické architektuře na tzv. aktivní solární domy.



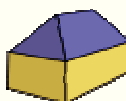
Obr. 3 - pultová střecha

- **Sedlová** střecha (Obr. 4) je historicky nejběžnější typ střechy používaný v Česku, je velmi rozšířena v řadové zástavbě rodinných i bytových domů. Má dvě střešní roviny s přímočarým hřebenem, dvěma okapy a dvěma štíty. Variantami jsou střecha křížová a polokřížová (vznikají pronikem dvou sedlových střech se stejnou výškou hřebene), používané na stavbách složitějšího půdorysu.



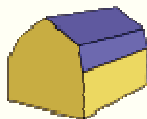
Obr. 4 - sedlová střecha

- **Valbová** střecha (Obr. 5) se od sedlové liší tím, že má na obou koncích místo štítů šikmé střešní roviny čili valby. Pokud jsou okapy těchto rovin ve stejné výšce jako okapy sedlové střechy, je to střecha valbová, pokud jsou výš, nazývá se taková střecha polovalbová. Obojí se používá u volně stojících budov obdélného půdorysu. Podobně jako sedlová může se valbami doplnit i mansardová střecha.



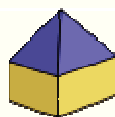
Obr. 5 - valbová střecha

- **Mansardová** střecha (Obr. 6) je variantou střechy sedlové, každá její polovina mezi hřebenem a okapem se skládá ze dvou střešních rovin odlišného sklonu. Vnitřní prostor pod touto střechou se nazývá mansarda (obytné podkroví), jméno jí dal francouzský architekt François Mansart. V současné době je rozšířena tzv. falešná mansardová střecha: jedná se o střechu sedlovou, kterou doplňuje mansardový obklad na svislé stěně horního podlaží.



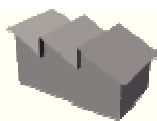
Obr. 6 - mansardová střecha

- **Stanová** střecha (Obr. 7) má zpravidla čtyři střešní roviny, které se sbíhají do středového vrcholu a tvoří tak čtyř- nebo i víceboký jehlan. Používá se na samostatně stojících budovách přibližně čtvercového půdorysu.



Obr. 7 - stanová střecha

- **Pilová** (Obr. 8) nebo také šedová střecha vzniká opakováním střech pultových nebo asymetrických sedlových, používala se historicky na rozlehlých továrních halách, dílnách apod., svislé části střechy zároveň často sloužily jako světlíky. V současnosti se dává přednost střechám z předpjatých či lepených konstrukcí. [1]



Obr. 8 - pilová střecha

1.2 Střešní krytina

Je vnější povrch střechy, který chrání budovu před povětrnostními vlivy. U šikmých střech je většinou složen z drobnějších dílů, zabraňujících protékání vody svým tvarem a způsobem pokládání. Ploché střechy bývají tvořeny souvislou nepropustnou vrstvou. [3]

1.2.1 Druhy střešní krytiny

- Tradiční skládané krytiny:

- **Šindel** (Obr. 9) je jednou z tradičních střešních krytin lidových staveb. Jedná se o dřevěnou destičku břitovitěho tvaru, širokou 8 až 15 a dlouhou 50 až 60 cm. Tloušťka je asi 1,5 až 2,5 cm. Jedna strana je opatřena drážkou a na druhé straně je břit. [4]



Obr. 9 - střecha s šindelovou krytinou

- **Břidlice** (Obr. 10) je označení pro usazené částečně metamorfované horniny s jemnou zrnitostí vzniklé z jílovců a prachovců. Obsahuje především minerály biotit, muskovit a andalusit. Břidlice mívají černou až šedou barvu, vyznačují se dobrou rovinnou štěpností, takže z nich lze snadno vytvářet tenké desky. [5]



Obr. 10 - břidlicová střešní krytina

- **Střešní taška** (Obr. 11) je stavební prvek, který slouží jako nespalitelná střešní krytina pro šikmé střechy se sklonem nad 30°. Tradičně se vyrábějí z pálené hlíny v cihelnách, v moderní době ale také z betonu, případně ze skla. Kladou se na vodorovné střešní latě a často spojují nebo podmazávají maltou, některé druhy tašek se kromě toho zajišťují drátem nebo páskem. Tašková krytina má dlouhou životnost, je ale poměrně těžká. [6]



Obr. 11 - střecha pokrytá střešními taškami

- **Krytí souvislou vrstvou:**

- **Asfaltový nátěr na ploché střechy** (Obr. 12) - Asfalt je jedna z živic, které se vyskytují v přírodě buď společně s jinými, nebo samostatně v různém geologickém prostředí, hlavně v sedimentech formací, které jsou známy jako naftonosné. Získává se z ropy jako zbytek po vakuové destilaci. Je to ta nejhustší složka ropy s nejvyšším bodem varu. [7]



Obr. 12 - střecha s asfaltovým nátěrem

- **Plech** (Obr. 13) – klempířský zpracovaný, měděný nebo ocelový pozinkovaný, případně titanovaný, hliníkový (obvykle s ochranným nátěrem)



Obr. 13 - střecha pokrytá plechem

- **Prosklená konstrukce** (Obr. 14) - případně s použitím jiného materiálu, např. polykarbonátových desek



Obr. 14 – prosklená střecha

- **Zelená střecha** (Obr. 2) – izolovaný povrch je pokryt vrstvou zeminy a zarostlý vegetací. [2]

1.3 Čištění střech

Špína a nečistoty mohou způsobit korozi, neboť povrch pod nimi zůstává stále vlhký. Špinavá střecha také kazí dojem. Povrch je vhodné očistit měkkým kartáčem a vodou, případně tlakovou vodou. Pevně přichycené nečistoty lze odstranit pomocí vhodného čisticího prostředku. Odolných nečistot se pak lze zbavit pomocí tkaniny namočené v lakovém benzínu. Poté, co se nechá čisticí prostředek několik minut působit, je třeba střechu opláchnout. Nakonec je třeba opláchnout vodou

okapové žlaby. Je nutno pamatovat na to, že nevhodné nebo příliš účinné čisticí prostředky mohou poškodit barevnou povrchovou úpravu. [8]

Čištěním střech se zabývají specializované firmy, jako např. Očista prostor CZ, tato firma nabízí různé čištění, renovace střech nebo práci ve výškách. Veškeré výškové práce provádí dle bezpečnostních směrnic a odborných školení. Výškové čištění a mytí střech nejsou výjimkou.

Tlakové čištění a mytí střech je prováděno vysoce účinnou metodou Mosmatic Tornádo™ (Obr. 15) - je to profesionální a vysoce účinná metoda ekologického čištění povrchů a střech. Tato metoda je založena na principu vysokotlakého čištění povrchů prostřednictvím vody s pracovní silou kolem 350-ti barů a teplotou vody kolem 80-120 stupňů.



Obr. 15 - čištění metodou Mosmatic Tornádo™

Další metodou je **čištění střech a střešních krytin párou** (Obr. 16) - čištění za pomoci parního čističe nebo stroje. Pára je vytvořena z vody za pomoci tlaku a teploty. Parní čistič vytvoří horkou vodu a pod silným tlakem žene molekuly vody potrubním systémem ven ze stroje speciální úzkou tryskou. Objem vody, která je umístěna v nádobě parního čističe, se při jejím odpařování zvětšuje 1700 krát. Čištění párou patří mezi neúčinnější ekologické metody vůbec. Není třeba

používat žádné chemické, čisticí a odmašťovací přípravky. Pára z čističe dokáže proniknout do nejmenších nerovností a skulinek čištěného povrchu, a za vysoké teploty uvolní a odstraní mastnotu, oleje, vosk a další silné nečistoty. [9]



Obr. 16 - čištění pomocí páry

1.4 Servisní roboty pro čištění

Robot je stroj pracující s určitou mírou samostatnosti, vykonávající určené úkoly, a to předepsaným způsobem a při různých mírách potřeby interakce s okolním světem a se zadavatelem: Robot je schopen své okolí vnímat pomocí senzorů, zasahovat do něj, případně si o něm vytvářet vlastní představu. Vnímáním světa nejenže může poznávat svět samotný, ale může také vyhodnocovat svůj vliv na něj a využívat tak zpětnou vazbu. [10]

Servisní robot je volně programovatelné mobilní zařízení, které zčásti nebo zcela automaticky vykonává servis (službu). Servisem jsou rozuměny činnosti, které nejsou výrobními a mohou být prováděny v různém prostředí nebo humánně (služby pro člověka) [11]

Drtivá většina servisních robotů jsou ve své podstatě unikáty, tzn. jediný výrobek svého druhu určený pro vykonávání servisní úlohy. Je to dáno tím, že se doposud

servisní roboty aplikované v celé škále nestrojírenských oblastí nevyrábí sériově.

I přes vyšší pořizovací náklady nacházejí servisní roboty stále větší uplatnění v celé škále nestrojírenských oblastech. Podílejí se na vykonávání nejrůznějších servisních úloh a nahrazují činnosti, které by musel jinak vykonávat člověk. V řadě aplikací jsou jediným možným technickým prostředkem k tomu, aby se daly realizovat servisní úlohy, pro které by se těžko dal použít jiný mechanismus.

V prostředí pro člověka nebezpečném, nevhodném či nedostupném, je nanejvýš vhodné nasazovat servisní roboty a chránit zdraví člověka. Může se jednat např. o zamořené prostředí chemickými látkami či radiací, kosmický prostor, podmořské hlubiny, jeskyně apod. Servisní roboty již dnes nahrazují mnoho lidských činností, které představují opakující se namáhavé a monotónní práce. To platí pro všechny nestrojírenské i strojírenské oblasti. Ze specifických oblastí lze uvést např. vojenství, kosmický výzkum, podmořský výzkum apod. [12]

1.4.1 Robot pro čištění okapů - iRobot Looj 330



Obr. 17 - robot Looj 330

iRobot Looj 330 (Obr. 17) čistí okapy pomocí čtyřstupňové čisticí hlavy složené z výměnných gumových vyhazovačů a kartáčů s dlouhými štětinami. Odolné gumové vyhazovače odstraní z okapů spadlé listy, malé větvičky a další drobné nečistoty. Praktické kartáče dočišťují okap a dokážou z něj vymést dokonce i jemný prach. Princip čištění stojí na výkonném motoru a čisticí hlavě otáčející se rychlostí 500 otáček za minutu.

iRobot Looj váží pouhých 1,26 kg a má nízko-profilový design. Ten zajišťuje bezproblémový průchod robotu všemi druhy okapů. Oblé, hranaté, vysoké nebo úzké. Looj se snadno adaptuje na profil a výšku vašeho okapu a díky účinným pásům postupuje vpřed a vymetá z okapu všechno, co mu stojí v cestě.

Čistič okapů zásobuje energií lithium-iontová baterie s kapacitou 2600 mAh. To dává robotovi dostatek síly na vyčištění až 60 metrů délky okapu na jediné nabití. Cena tohoto robotu se pohybuje kolem 7 500 Kč. [13]

1.4.2 Robot pro čištění skel – HOBOT – 168



Obr. 18 - dráha robotu HOBOT-168

Robotický čistič HOBOT-168 (obr.10) není třeba nijak programovat a stačí stisknout pouze jedno tlačítko na dálkovém ovládání a o vše se postará robot sám. Ovládání robotu je velice jednoduché a pohodlné. Robot využívá systém "Single-Side-Cleaning", k čištěnému povrchu se pevně a bezpečně přisává a čistí jej. Pokud je čištěná plocha svislá, robot vždy začíná v horní části, kam sám vyšplhá po stisku tlačítka "Auto Nahoru" a postupně traverzuje z horní části dolů. Svým unikátním pohybem HOBOT-168 precizně čistí celou plochu pomocí dvou

velkých utěrek z mikrovláknů. Každé místo čistí 2x, spodní utěrka čistí větší špínu a horní utěrka doleští povrchu, který zůstane beze šmouh.

Robot je možné používat na různé plochy bez ohledu na sklon a na různé tloušťky povrchů (min. tloušťka skla je 3 mm). HOBOT-168 je osazen mnoha různými typy senzorů, které detekují rámy oken. Robot je navíc vybaven podtlakovými senzory, které detekují okraje čištěné plochy jako např. hranu skleněného stolu nebo dveří atd. Pokud již robot vyčistil celou plochu, automaticky ukončí čištění. HOBOT-168 je možné ovládat také manuálně pomocí dálkového ovládání. Cena se pohybuje okolo 7 000 Kč. [14]

2. Požadavkový list

Z vypracované rešerše vyplývá, že existuje několik typů střech, jejich sklonů a druhu střešní krytiny. Robot nemůže pracovat na všech těchto typech. Musíme tedy zahrnout tyto skutečnosti do požadavkového listu.

	Parametr	Hodnota
Čištění	čištění	kartáčem s vodou a čisticím
	materiál kartáče	polyamid
Prostředí	venkovní	střecha
	teplota	5 - 25 °C
Povrch	čištěný povrch	rovný plech
	maximální spád	10°
Konstrukce	maximální šířka nástavce	710 mm
	přívod vody	hadicí
Pohon	zdroj	baterie
	motor	umístěn v nástavci
Rychlost čištění	dle rychlosti robotu	max. 0,8 m*s ⁻¹

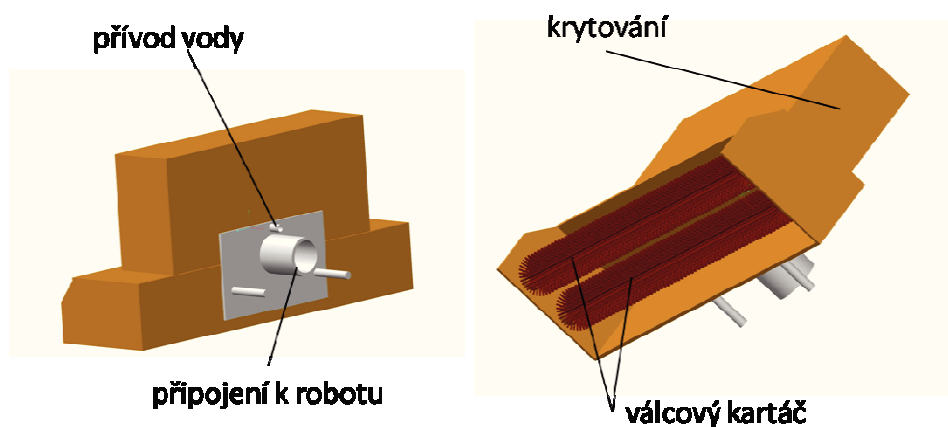
Tab. 2 – požadavkový list

3. Varianty řešení

Byly vytvořeny čtyři varianty nástavců, které vcházejí z určitého technologického postupu čištění. Jelikož je vytvoření tlakové vody komplikované, bude voda přiváděna pomocí hadice z nejbližšího umístěného vodovodu. K odstranění drobných nečistot budou použity kartáče s vodou.

Pokud bude znečištění střechy větší, jako např. mech a lišejníky, je potřeba použít čisticího prostředku, který musí určitý čas působit. Následně dojde k vyčištění plochy kartáčem s vodou.

3.1. Varianta A



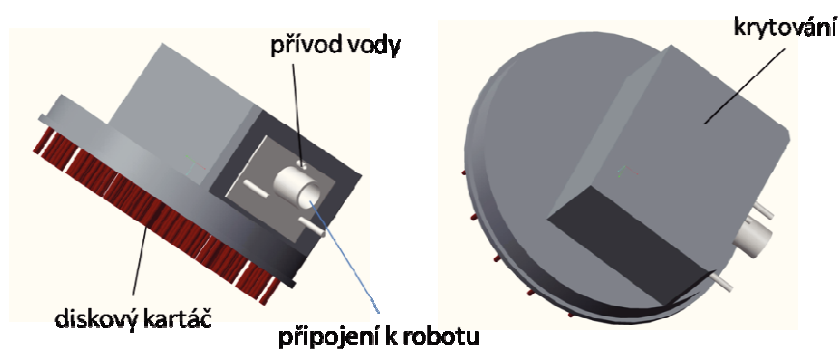
Obr. 19 – varianta A

Tato varianta (Obr. 19) má dva válcové kartáče, které jsou uchyceny v bocích rámu. Rozložení štětinek kartáče je nutno konzultovat s firmou specializující se na výrobu kartáčů.

Motor, baterie, převodovka a další komponenty jsou opatřené krytováním, aby se dovnitř nedostala voda a různé nečistoty. Pohon kartáčů je realizován pomocí ozubených kol.

V zadní části rámu se nachází přípojka k robotu, pro který je nástavec navrhován.

3.2. Varianta B

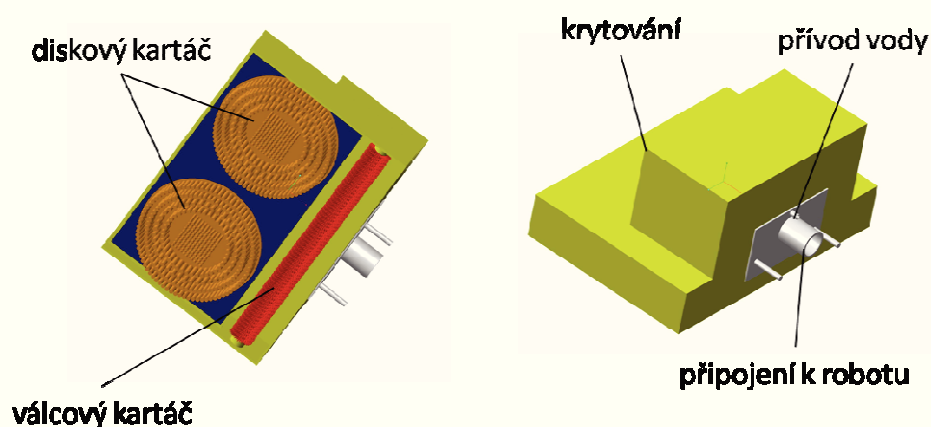


Obr. 20 – varianta B

U této varianty (Obr. 20) je použit jeden diskový kartáč, vhodné rozložení štětinek je nutno konzultovat s firmou specializující se na výrobu kartáčů.

Převod je realizován pomocí kuželového soukolí. Veškeré komponenty jsou opět opatřené krytem a zamezují tak průchodu vody a jiných nečistot na funkční části nástavce. Připojení k robotu je umístěno v zadní části.

3.3. Varianta C

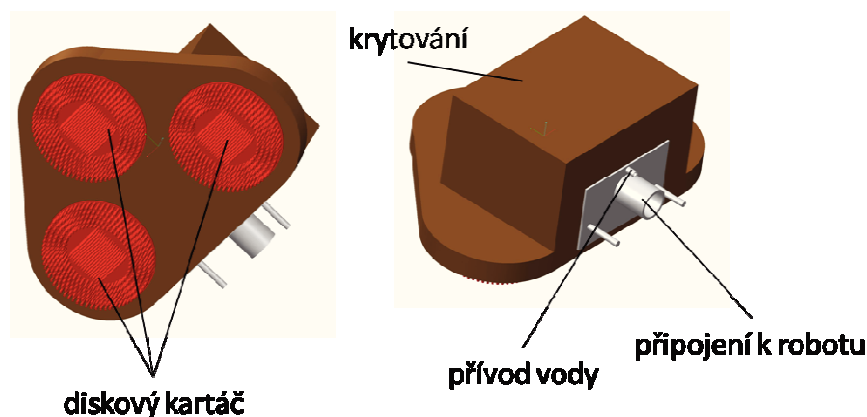


Obr. 21 – varianta C

U této varianty (Obr. 21) jsou použity dva diskové kartáče, které se starají o hlavní čištění a v zadu je umístěn válcový kartáč, který slouží k dočištění.

Převod je realizován pomocí ozubených kol a klínových řemenů. Všechny komponenty jsou zase důkladně opatřeny krytím. Připojení robotu a přívod vody je stejný, jak u předchozích variant.

3.4. Varianta D



Obr. 22 – varianta D

Tato varianta je tvořena třemi diskovými kartáči, vhodné rozložení štětin je nutno konzultovat s firmou specializující se na výrobu kartáčů.

Převod je realizován pomocí klínových řemenů. Krytování je opět provedeno tak, aby nedošlo k poškození funkčních částí vodou nebo jinými nečistotami. Připojení robotu a přípojka vody je situována opět v zadní části nástavce (Obr. 22).

4. Hodnotová analýza

Jedná se o metodu, pomocí které je zvolena optimální varianta. Jsou určena jednotlivá kritéria, podle kterých se bude rozhodovat. Dále je třeba určit stupnici hodnocení. Ke každé variantě a kritériu je přiřazena určitá hodnota. Váha významnosti jednotlivých kritérií je určena pomocí metody porovnání páru v trojúhelníku a počtu voleb. Určené body jednotlivým variantám je nutno vynásobit váhou významnosti, z čehož vyjde vážený index. Tyto indexy pro každou variantu je potřeba sečíst a porovnat, která z variant je optimální. Vyhrává varianta s nejvíce body.

4.1. Hodnocená kritéria

Kritérium	Název	Popis
1	Hmotnost	Hmotnost nástavce
2	Tvar (konstrukce)	Kladení odporu nástavců design
3	Složitost konstrukce	Složitost montáže
4	Plnění funkce	Rozsah a kvalita čištění
5	Rychlost	Rychlost čištění
6	Převod	Složitost převodu

Tab. 3 - hodnocená kritéria

4.2. Stupnice hodnocení

Vysoká úroveň	6
Dobrá úroveň	5
Průměrná úroveň	4
Nízká úroveň	3
Nevyhovující úroveň	2
Nepříznivý stav	1

Tab. 4 - stupnice hodnocení

4.3. Významnost kritérií

Nejvyšší	2
Nejnižší	1

Tab. 5 - významnost kritérií

4.4. Přiřazení číselných hodnot ke kritériím

	kritérium 1	kritérium 2	kritérium 3	kritérium 4	kritérium 5	kritérium 6
varianta A	3	3	4	5	5	4
varianta B	4	4	5	4	4	6
varianta C	3	3	4	6	4	4
varianta D	4	5	5	5	4	5

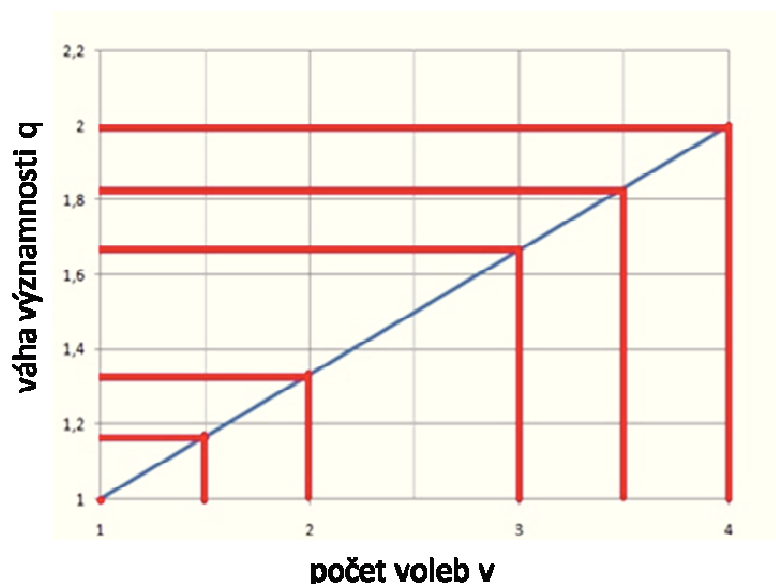
Tab. 6 - přiřazení číselných hodnot

4.5. Určení významností kritérií

Pomocí metody porovnání párů se určí váhy významnosti jednotlivých kritérií (Graf 1). Po přiřazení hodnot u jednotlivých variant a váhou významnosti můžeme spočítat konečný počet bodů a zjistit, která varianta je optimální. Optimální varianta je ta varianta, která získá nejvíc bodů.

					Počet voleb v	Pořadí	Váha významnosti q
k1	k1	k1	k1	k1	2	4.	1,35
k2	k3	k4	k5	k6			
	k2	k2	k2	k2	1,5	5.	1,16
	k3	k4	k5	k6			
		k3	k3	k3	3	3.	1,67
		k4	k5	k6			
			k4	k4	4	1.	2
			k5	k6			
				k5	1	6.	1
				k6	3,5	2.	1,82

Tabulka 7. Určení významnosti



Graf 1 - závislost počtu voleb na významnosti

4.6. Hodnocení variant

Varianta A:

	Hodnota	Významnost kritéria	Index změny l_{ij}	Vážený index kritéria l_{ij}^*
k1	3	1,35	3	4,05
k2	3	1,16	3	3,48
k3	4	1,67	4	6,68
k4	5	2	5	10
k5	5	1	5	5
k6	4	1,82	4	7,28
Celkový součet vážených indexů l_{ij}^* varianty A:				36,49

Tab. 8 - hodnocení varianty A

Varianta B:

	Hodnota	Významnost kritéria	Index změny l_{ij}	Vážený index kritéria l_{ij}^*
k1	4	1,35	4	5,4
k2	4	1,16	4	4,64
k3	5	1,67	5	8,35
k4	4	2	4	8
k5	4	1	4	4
k6	6	1,82	6	10,92
Celkový součet vážených indexů l_{ij}^* varianty B:				41,31

Tab. 9 - hodnocení varianty B

Varianta C:

	Hodnota	Významnost kritéria	Index změny I_{ij}	Vážený index kritéria I_{ij}^*
k1	3	1,35	3	4,05
k2	3	1,16	3	3,48
k3	4	1,67	4	6,68
k4	6	2	6	12
k5	4	1	4	4
k6	4	1,82	4	7,28
Celkový součet vážených indexů I_{ij}^* varianty C:				37,49

Tab. 10 - hodnocení varianty C

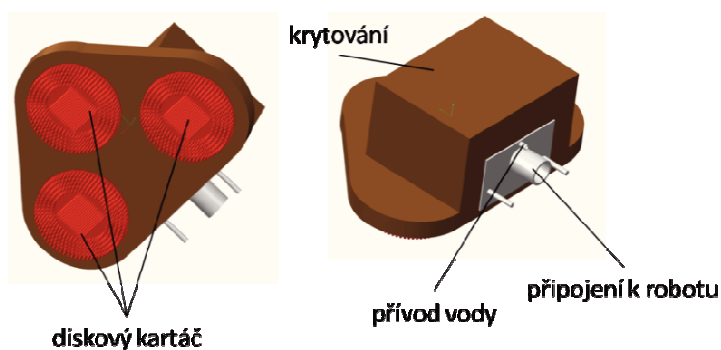
Varianta D:

	Hodnota	Významnost kritéria	Index změny I_{ij}	Vážený index kritéria I_{ij}^*
k1	4	1,35	4	5,4
k2	5	1,16	5	5,8
k3	5	1,67	5	8,35
k4	5	2	5	10
k5	4	1	4	4
k6	5	1,82	5	9,1
Celkový součet vážených indexů I_{ij}^* varianty D:				42,65

Tab. 11 - hodnocení varianty D

4.7. Vítězná varianta

Dle hodnotové analýzy je v současnosti optimální varianta s třemi diskovými kartáči, tedy varianta D (Obr. 23).



Obr. 23 – optimální varianta

5. Technologický postup

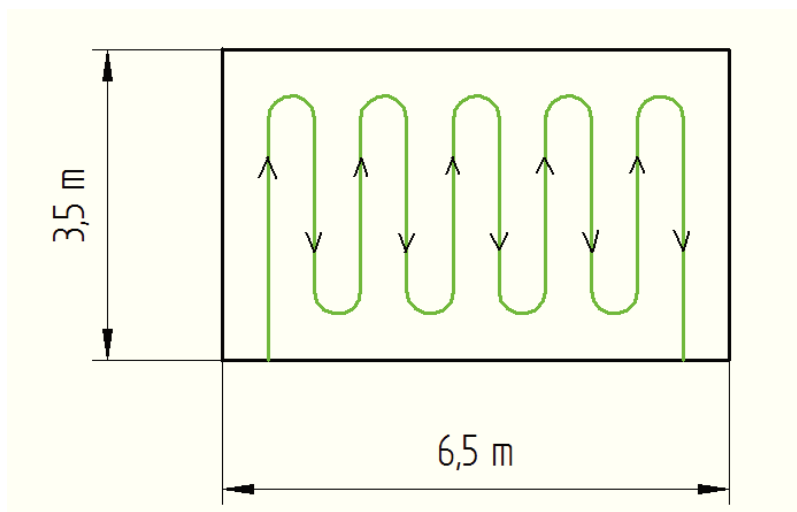
Čištění plochy 6,5 x 3,5m:

- v prvním kroku jsou rotační kartáče vypnuté, robot nadzvedne nástavec, aby nedocházelo k opotřebovávání kartáčů, a pomocí rozprašovače, umístěného v zadní části, nanese čisticí prostředek RENOV EXPRESS [15] (spotřeba čisticího prostředku je 0,20 l/m²)
- šířka rozprašovače je 650 mm – to znamená, že při délce čištěného povrchu 3,5 m, musí robot projet 5x tam i zpět.
- pro plochu 6,5 x 3,5m (tedy necelých 23 m²) je spotřeba čisticího prostředku 4,6 l, na což bude stačit nádoba o objemu 5l.
- čisticí prostředek je nutno nechat působit 30 minut
- v druhém kroku robot spustí nástavec dolů, rotační kartáče se zapnou a společně s vodou dochází k vyčištění a opláchnutí čištěné plochy.

Pokud není střecha zarostlá mechem houbami či řasami nebo není příliš znečištěná, je možno přeskočit první krok a čistit střechu jen pomocí kartáčů a vody. Jestli bude použit i čisticí prostředek, je nutno dodržet rozmezí teplot, které jsou uvedeny v požadavkovém listu (5 - 25 °C). Z toho plyne, že se nesmí pracovat na přímém slunci, kdy je střecha nejvíce rozežhřátá.

Je-li střecha znečištěná hodně a nečistoty zůstanou na střeše i po druhém kroku, je třeba plochu vyčistit ještě jednou, tzn. zopakovat druhý krok a to se zapnutými kartáči nebo při menším znečištění jen opláchnout vodou.

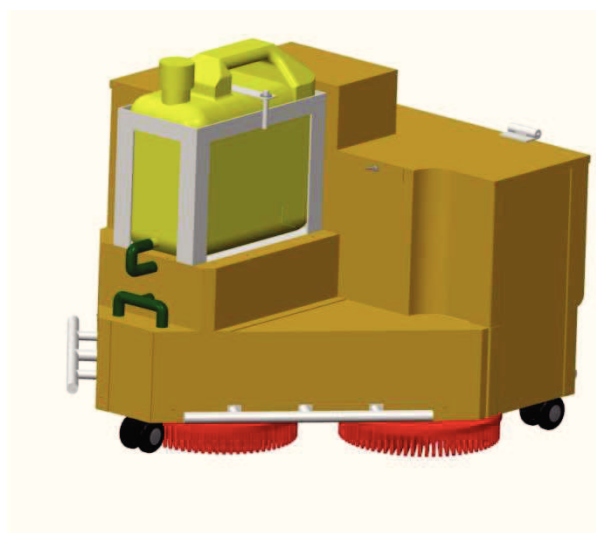
Průběh čištění:



Obr. 24 – postup čištění

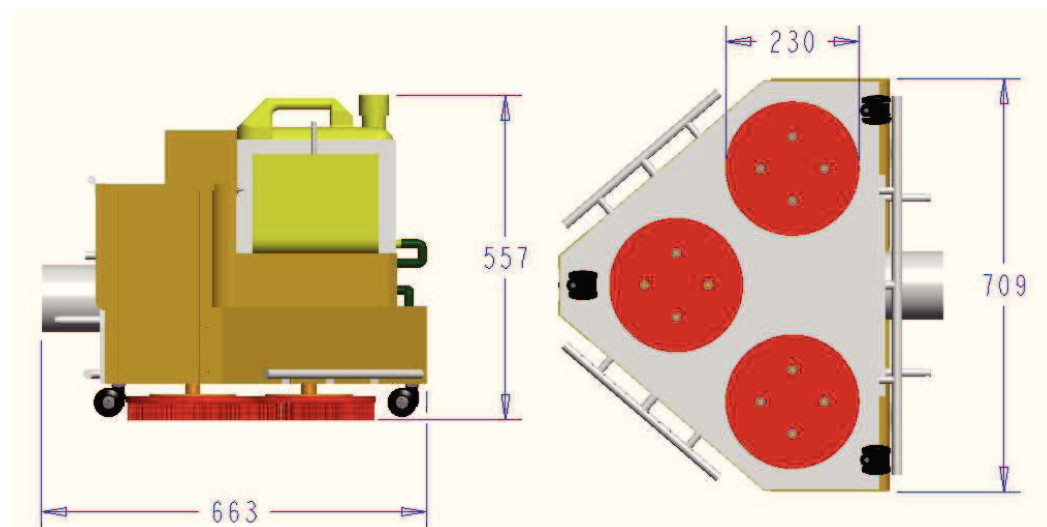
Na obr. 24 je možno vidět, jakým způsobem bude plocha čištěna. Po dokončení nástřiku čisticí kapaliny je nutno počkat 30 minut, jak uvádí výrobce. Pak může dojít k vyčištění plochy. Pokud je plocha větší, než 23 m^2 může se dolít čisticí přípravek do nádrže a dále nanášet pomocí rozprašovače. Následně by se celá plocha vyčistila a opláchla.

6. Popis nástavce



Obr. 25 – čisticí nástavec

6.1. Parametry subsystému

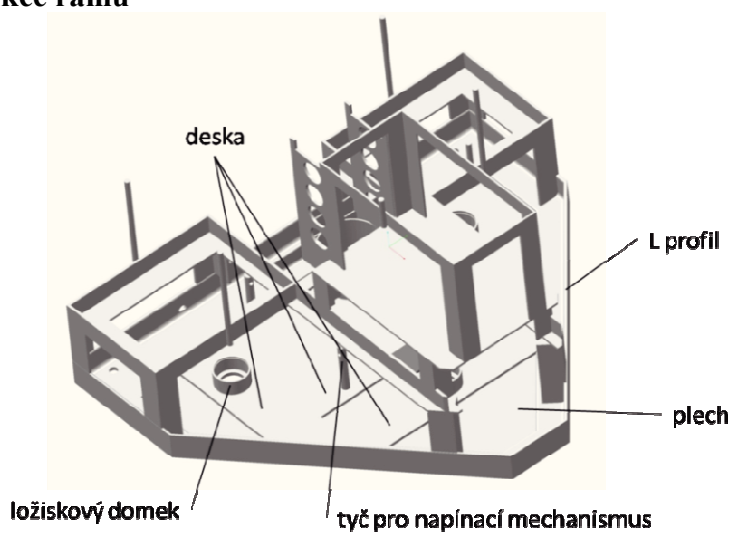


Obr. 26 – parametry subsystému

parametr	hodnota
výška	557 mm
šířka	709 mm
délka	663 mm
průměr kartáče	230 mm
hmotnost	89 kg
objem nádrže	5 l

Tab. 12 – parametry subsystému

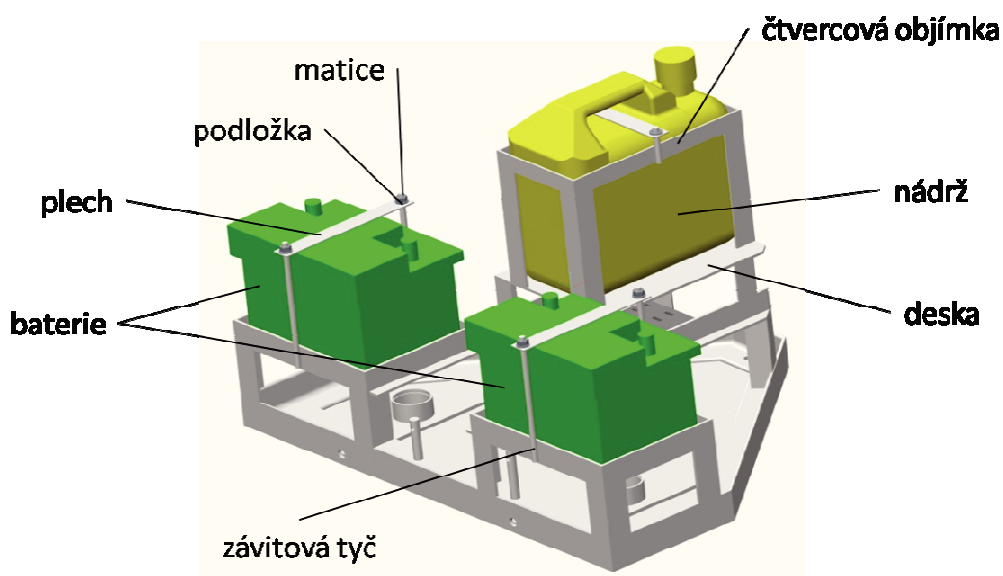
6.2. Konstrukce rámu



Obr. 27 - rám

Základem celého nástavce je svařovaný rám (Obr. 27), který ze z největší části tvořen L profily [16]. V dolní části je rám zpevněn čtyřmi deskami, na kterých jsou přivařeny ložiskové domky a tyče pro napínací mechanismus řemene. Ze spodu je navařen plech, který chrání vnitřní komponenty vůči znečištění a různým vnějším vlivům venkovního prostředí.

6.3. Uložení baterii a nádrže

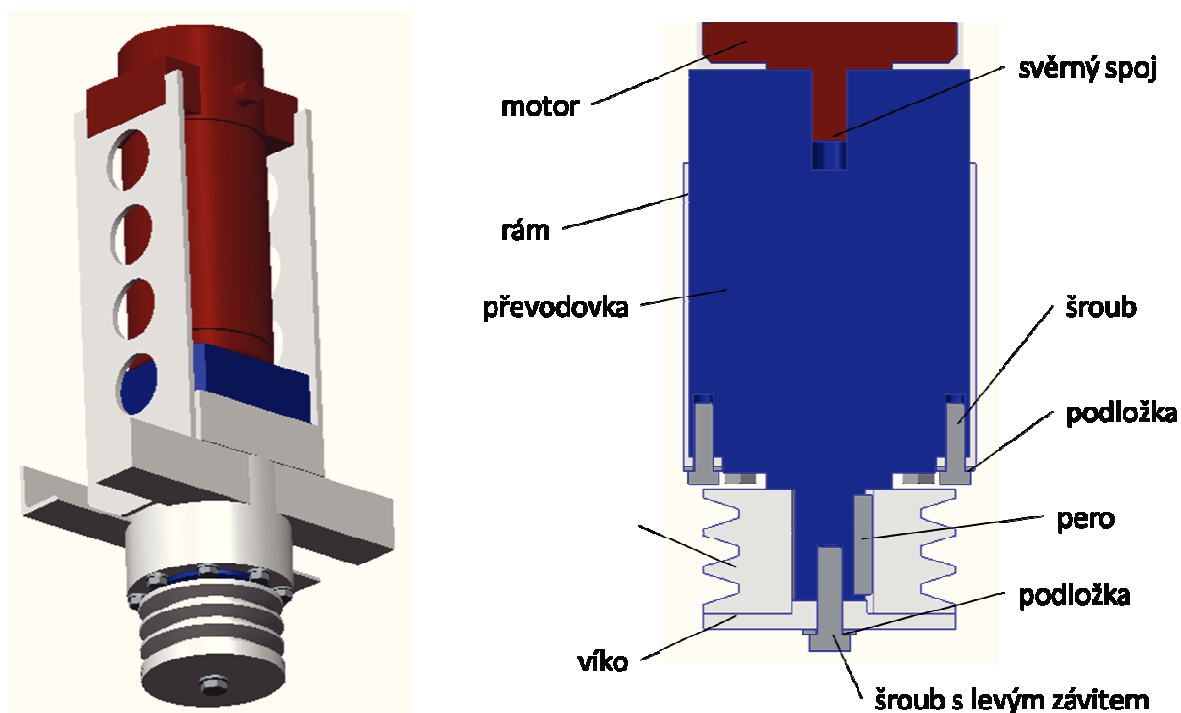


Obr. 28 – uložení baterií a nádrže

Baterie [17] jsou uloženy v rámech tvořených z L profilů, po bocích jsou přivařeny závitové tyče. Baterie shora přidržuje plech, který je nasunut na závitové tyče a zajištěn maticí s podložkou. Tím se zabraňuje vypadnutí nebo jakémukoliv posunutí baterií.

Nádrž [18] je umístěna na desce, ke které jsou přivařené L profily, ty jsou v horní části zpevněny čtyřmi menšími deskami, které jsou k nim přivařeny a tvoří čtvercovou objímku. Shora je jištění obdobné jak u baterií, tedy plech nasunutý na závitovou tyč a zajištěn maticí s podložkou (Obr. 28).

6.4. Uložení motoru, převodovky a hnací řemenice



Obr. 29 – uložení motoru, převodovky a řemenice

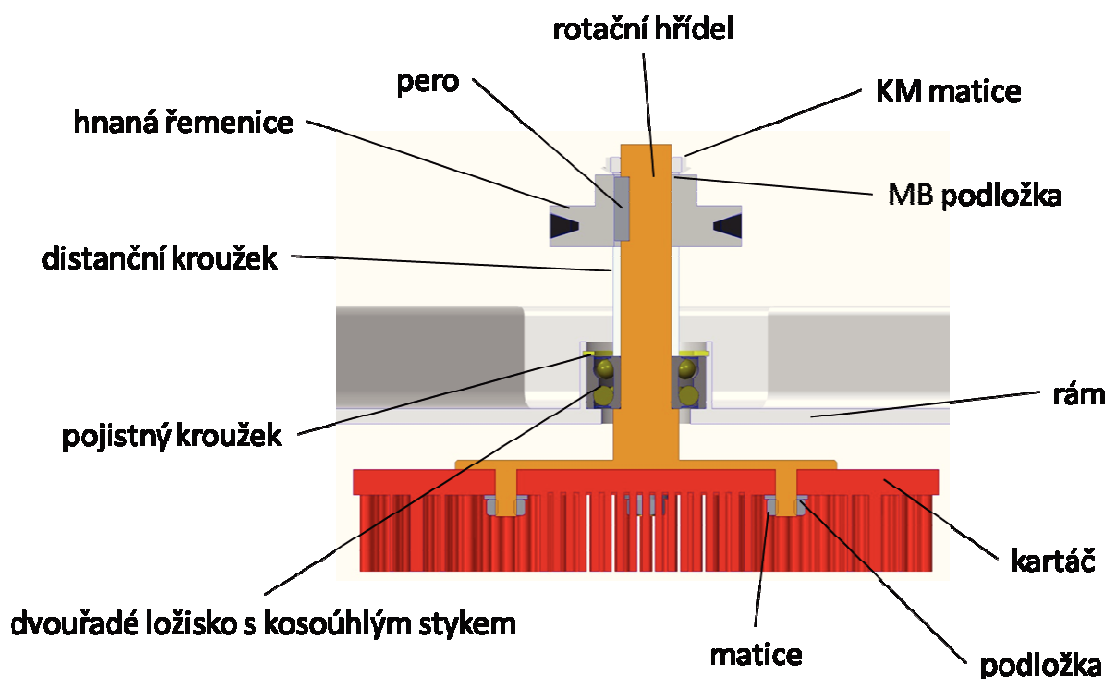
Rám tvoří kruhová objímka a čtvercová objímka, ta se skládá se čtyř desek. Dále je tvořen dvěma deskami s vyfrézovanými dírami pro odlehčení, všechny tyto komponenty jsou přivařené k L profilům (Obr. 29).

Převodovka je umístěna v kruhové objímce a přichycena osmi šrouby s podložkami, aby nedocházelo k jakémukoliv vychýlení nebo pootočení.

Nad převodovkou se nachází motor, který je s převodovkou spojen svěrným spojem, ten přenáší krouticí moment a zároveň zabraňuje nadzvednutí motoru. Motor je uložen v rámu, tak aby nedocházelo k jeho pootočení.

Hnací řemenice je tří stupňová (pohání 3 kartáče). Je přímo nasunuta na výstupní hřídel převodovky, která dovoluje zatížení radiální silou. Spoj je zajištěn pomocí pera. Ze spodu je řemenice jištěná vůči vypadnutí víkem. Víko je přichyceno k hřídeli převodovky, ve které je vytvořen levý závit, a zajištěno šroubem, rovněž s levým závětem.

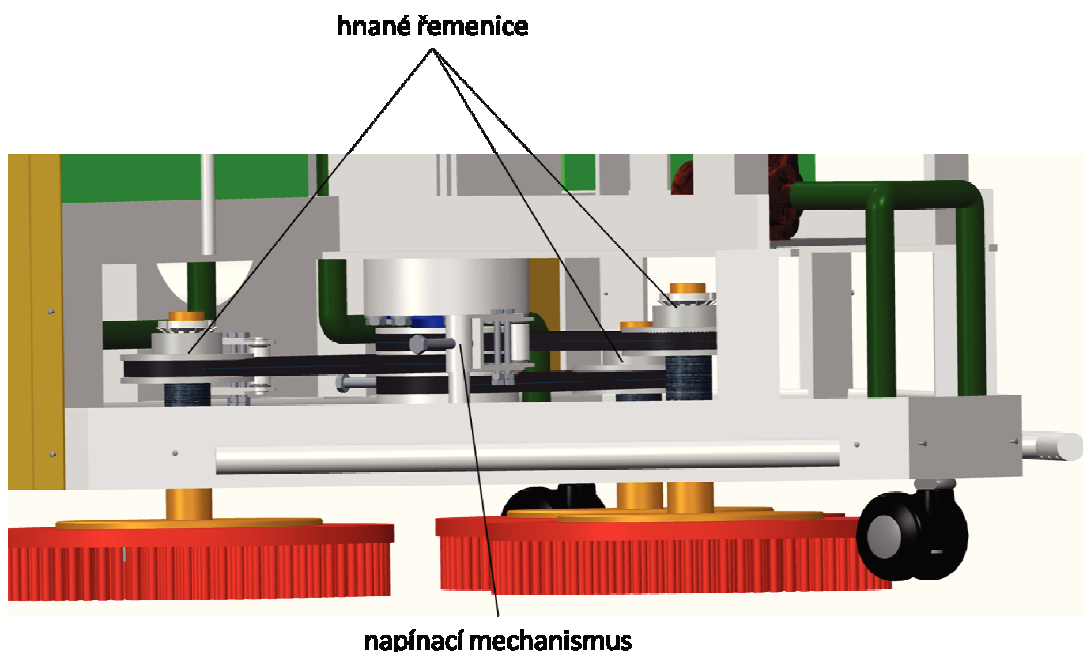
6.5. Uložení kartáčů



Obr. 30 – uložení kartáčů

Hlavní část tvoří rotační hřídel, který má ze spodu čtyři šroubové úchyty. Kartáč je na tyto úchyty nasunut a zajištěn maticemi s podložkami, tímto je zajištěná snadná výměna kartáčů po jejich opotřebení. Hřídel je se spodu osazena, tak aby vymezovala vzdálenost mezi kartáčem a spodním plechem rámu a dosedá na dvouřadé kuličkové ložisko s kosoúhlým stykem, které je vhodné pro zachycení radiálních i axiálních sil a klopných momentů. Ložisko je uloženo v ložiskovém domku, který je přivařen k rámu a shora zajištěno pojistným kroužkem. Vzdálenost mezi ložiskem a hnanou řemenicí vymezuje distanční kroužek. Řemenice je uchycená perem a zajištěna KM maticí s MB podložkou (Obr. 30).

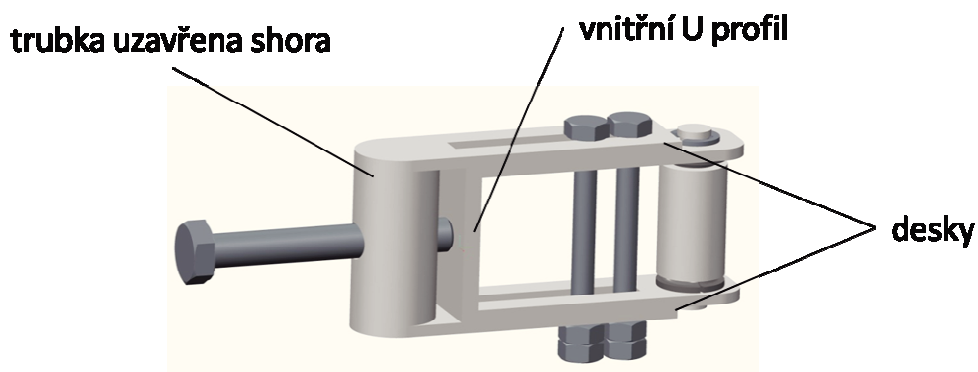
Při realizaci by byl kartáč vyroben firmou Kartáčovna Koloveč [19], která se zabývá výrobou průmyslových kartáčů.



Obr. 31 – rozložení kartáčů a napínacích mechanismů

Jelikož je hnací řemenice tří stupňová, musí být jednotlivé hřídele a distanční kroužky odstupňovány, aby nedocházelo ke křížení řemene (Obr. 31).

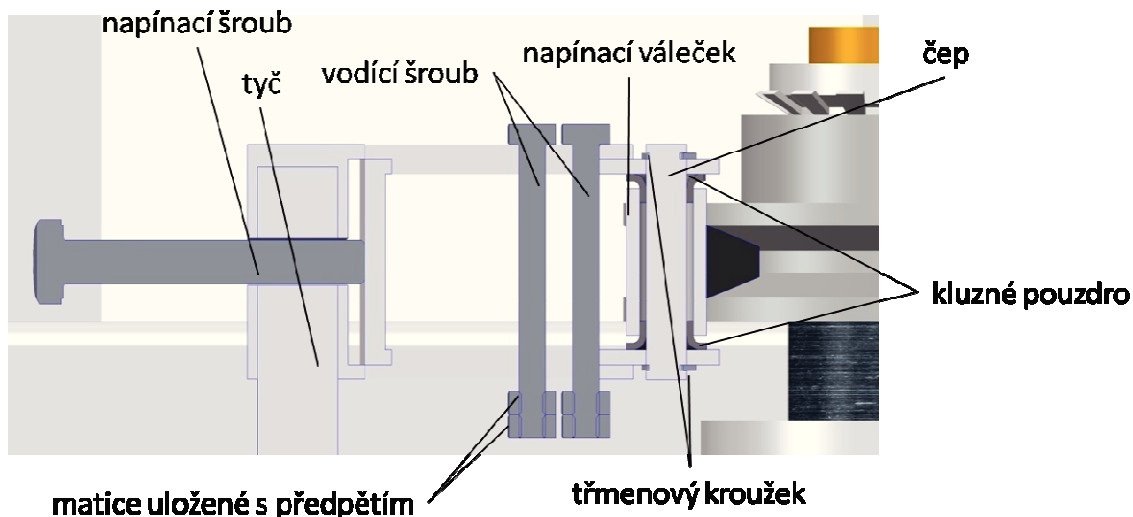
6.6. Napínací mechanismus řemene



Obr. 32 – napínací mechanismus

Napínací mechanismus (Obr. 32) se skládá z trubky, která je z jedné strany uzavřená. K trubce jsou přivařeny dvě desky, do kterých jsou vyfrézovány drážky. Ve vnitřním U profilu jsou rovněž vyfrézované drážky a díra pro čep. Do drážek jsou volně uloženy

šrouby, zajištěné dvěma maticemi s předpětím, aby nedocházelo k uvolňování. Tyto šrouby slouží jako vodící.

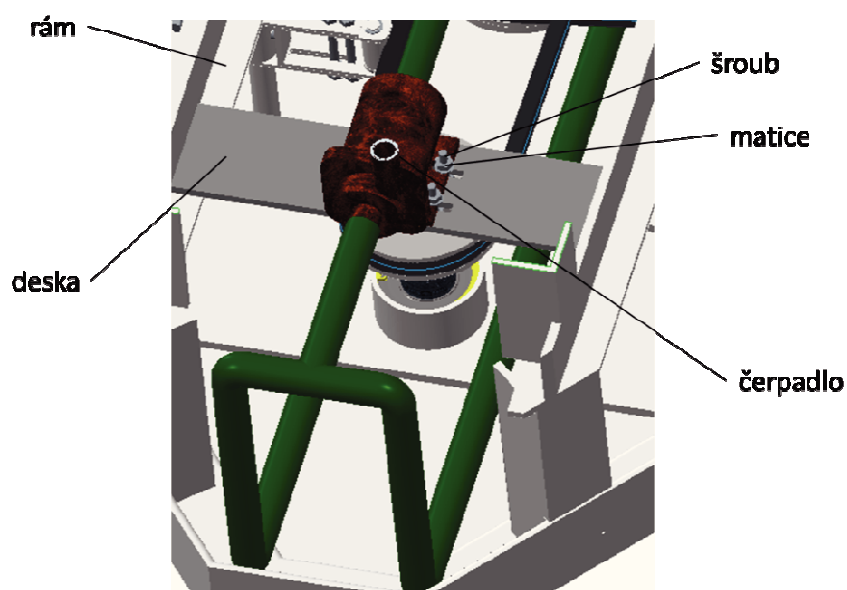


Obr. 33 – řez napínacím mechanismem

Mechanismus je uložen na tyči rámu, ve které je vytvořen závit, kterým prochází napínací šroub. Zašroubováním napínacího šroubu dochází k přitlačení válečku na řemen a tím pak k jeho napnutí. Napínací váleček je uložen na dvou kluzných pouzdrech, které jsou nasunuty na čep. Čep je zajištěn z obou stran třmenovými kroužky.

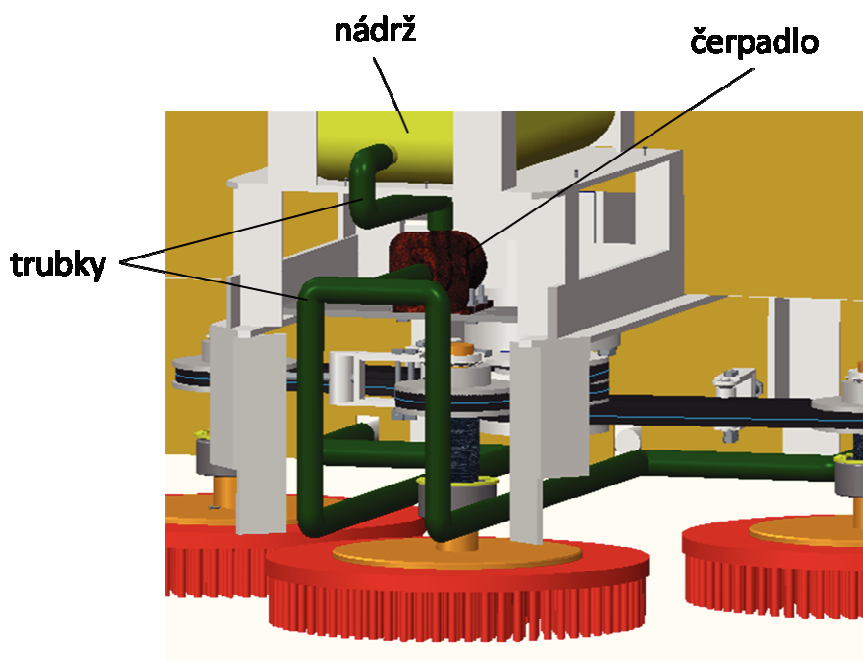
Podobně jak hnané řemenice, které jsou na odstupňovaných hřídelích tak i napínací mechanismus musí být na odstupňovaných tyčích, aby bylo možno jednotlivé řemeny napínat (Obr. 33).

6.7. Uložení čerpadla a rozvod čisticí kapaliny



Obr. 34 – uložení čerpadla

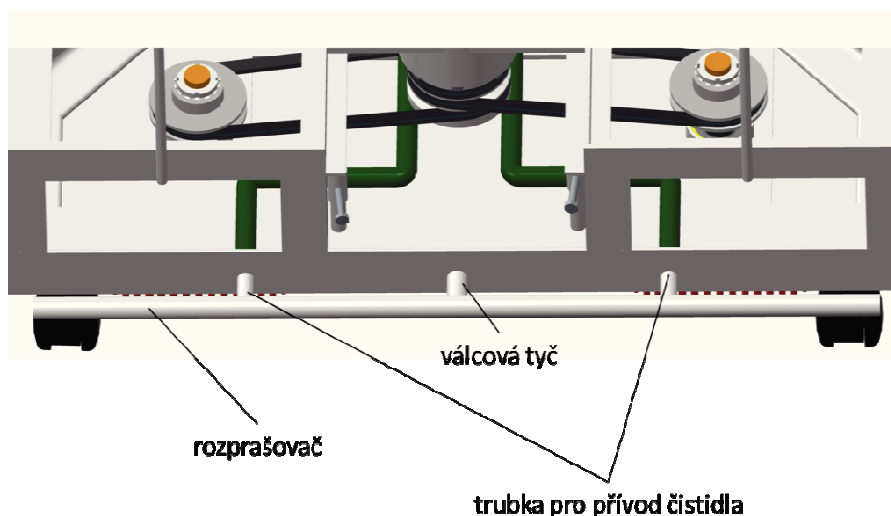
Čerpadlo [20] je uloženo pod nádrží na desce, která je přivařena k rámu. K desce je čerpadlo přišroubováno čtyřmi šrouby (Obr. 34).



Obr. 35 – rozvod čistidla

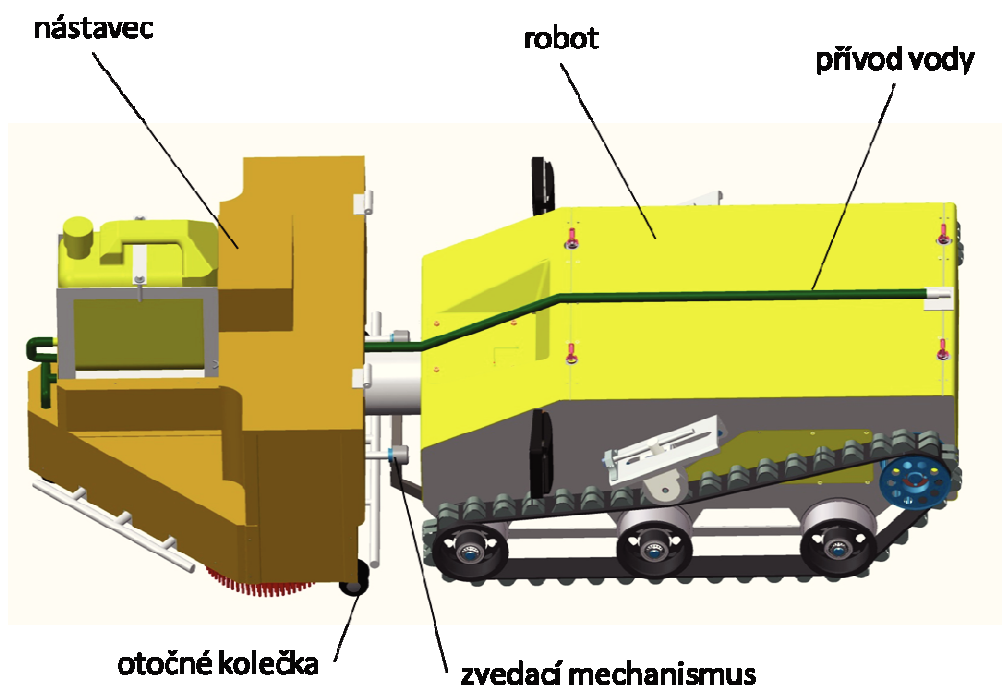
Čisticí směs je čerpána z nádrže čerpadlem, které přes plastové trubky vede kapalinu až k dvěma vstupům rozprašovače (Obr. 35). Rozprašovač (Obr. 36) je tvořen trubicí, která má ze spodní strany malé dírký, kterými se kapalina dostává na čištěnou plochu.

Rozprašovač má uprostřed válcovou tyč, která je přivařena k rámu a vymezuje vzdálenost rozprašovače od rámu. Trubky pro přívod kapaliny prochází skrz rám, kde je kapalina přiváděná plastovými trubkami.



Obr. 36 – rozprašovač čistidla

6.8. Připojení nástavce k robotu a rozvod vody



Obr. 37 – připojení nástavce k robotu

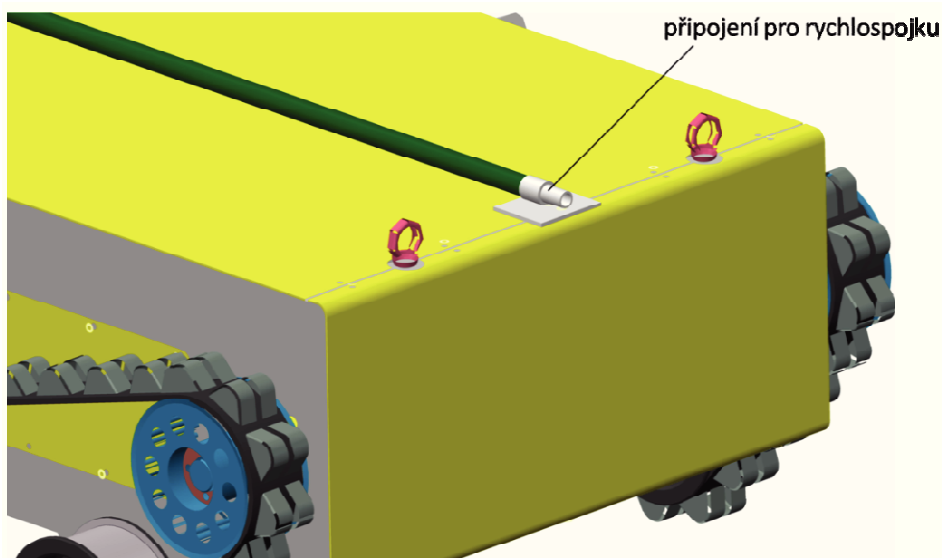
Nástavec bude připojen k robotu, pomocí připojovacího mechanismu (Obr. 37). Robot, připojovací a zvedací mechanismus je zpracován v diplomové práci pana Ing. Janeckého.

Jelikož je nosnost zvedacího zařízení příliš nízká, je potřeba navýšit tuto nosnost na 90kg, aby robot dokázal nástavec zvednout. Nástavec je umístěn na třech otočných kolečkách [21], které zajišťují větší stabilitu při čištění a odlehčují trvalému zatížení hřídele připojovacího mechanismu. Kolečko má nosnost 60 kg a je plastové.

Přívod vody je realizován pomocí automatického navíjecího bubnu [22] (Obr. 38) se zahradní hadicí (20 m + 2 metry připojovací hadice). Přívod vody do bubnu bude možný odkudkoliv (z domácnosti, zahrady) pomocí hadice s rychlospojkou. Hadice po vytažení a následném povolení sama zajede do bubnu, nebude tak docházet k zamotávání hadice při pohybu robotu. Robot má v zadní části přivařenou přípojku pro rychlospojku (obr. 39), spojení hadice s robotem bude tedy obdobné jak spojení připojovací hadice a bubnu, tj. rychlospojkou.

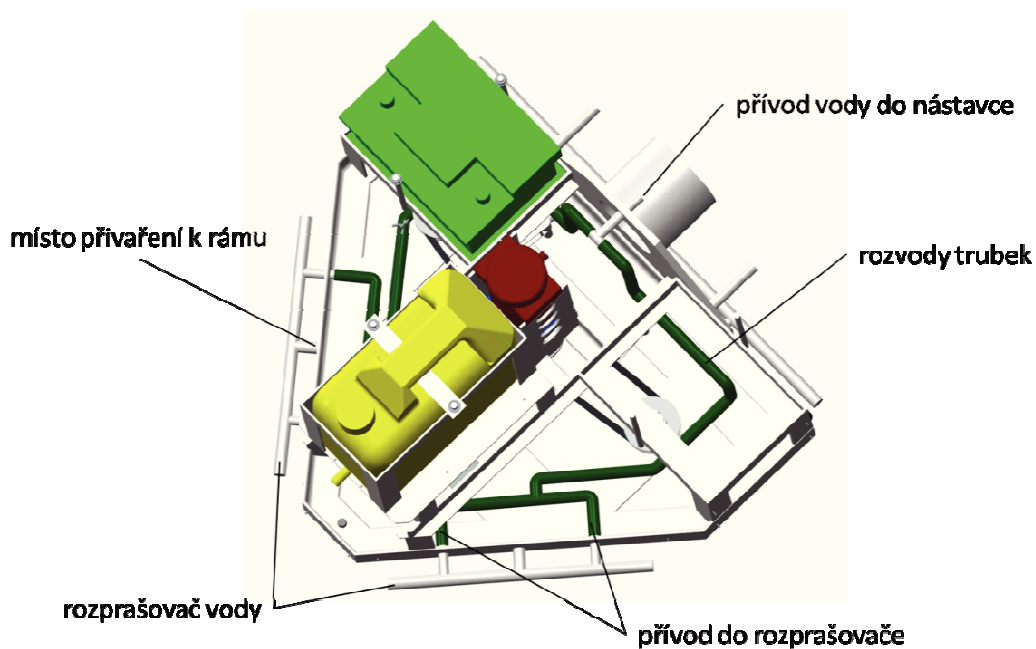


Obr. 38 – buben s automatickým navíjením



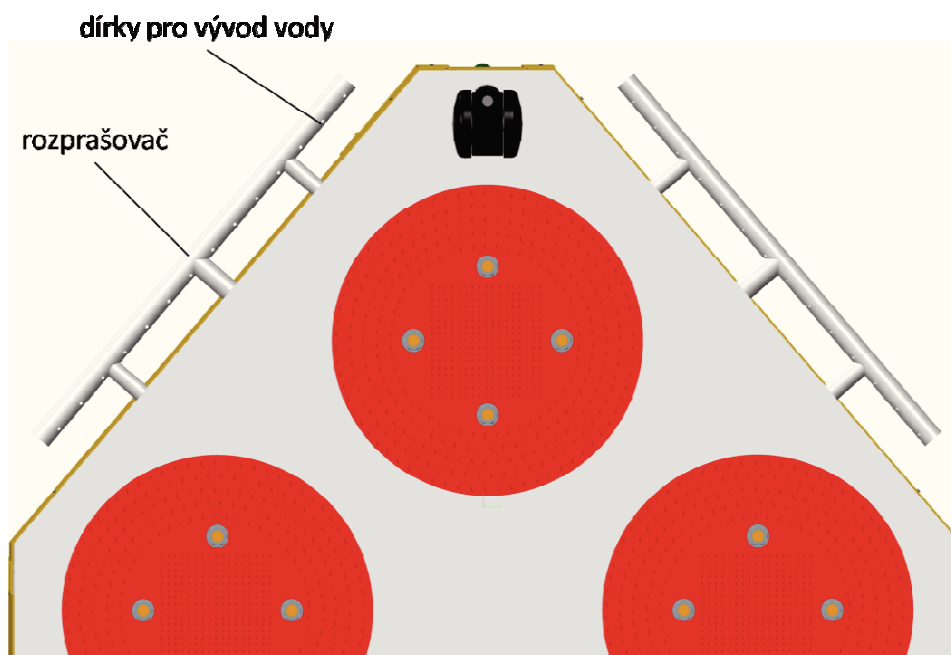
Obr. 39 – připojení pro rychlospojku

Voda je tedy vedena z bubnu, přes robot, až k nástavci, kde se nachází přípojovací trubka, která je přivařena k přípojovacímu mechanismu a prochází skrz, tedy dovnitř nástavce, kde je rozdělena. Dále je voda rozváděna trubkami až k rozprašovači, který se nachází na obou stranách nástavce (obr. 40).



Obr. 40 – rozvod vody

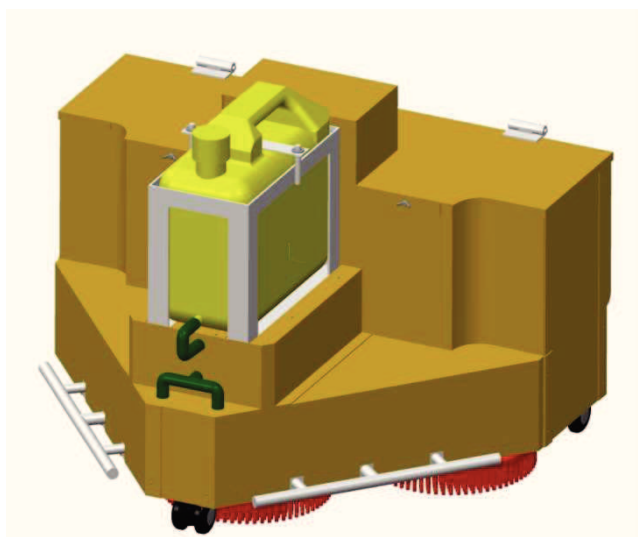
Samotný rozprašovač je umístěn obdobně jak rozprašovač čistidla, tj. uprostřed je rozprašovač přivařen k rámu a dva vstupy pro přívod vody prochází skrz rám, kde jsou připojeny trubky rozvádějící vodu (Obr. 40).



Obr. 41 – rozprašovač vody

Rozprašovač je tvořen trubicou uzavřenou z obou stran. V trubce jsou navrtané díry, pod úhlem 45° tak, aby voda proudila přímo proti kartáčům a došlo k namočení kartáčů a opláchnutí čištěné plochy (obr. 41).

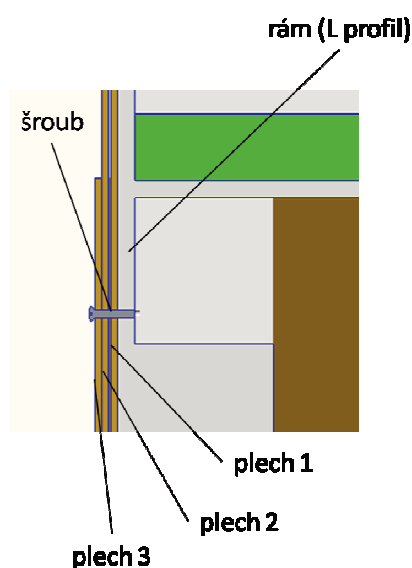
6.9. Krytování



Obr. 42 – krytování

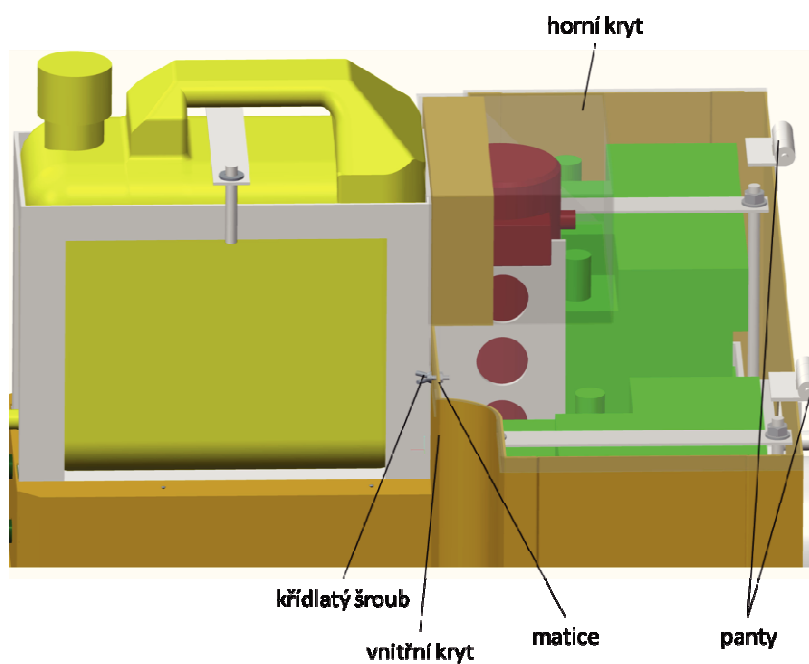
Krytování celého nástavce (Obr. 42) je provedeno osmi plechy, které jsou různě ohýbané a stříhané, tak aby zakryly všechny funkční části. K rámu jsou uchyceny

pomocí šroubků, které procházejí až skrz L profily, ve kterých jsou vytvořeny závit (Obr. 43). Každý plech je přichycen alespoň čtyřmi šroubky. Celé krytování je tedy lehce smontovatelné a demontovatelné.



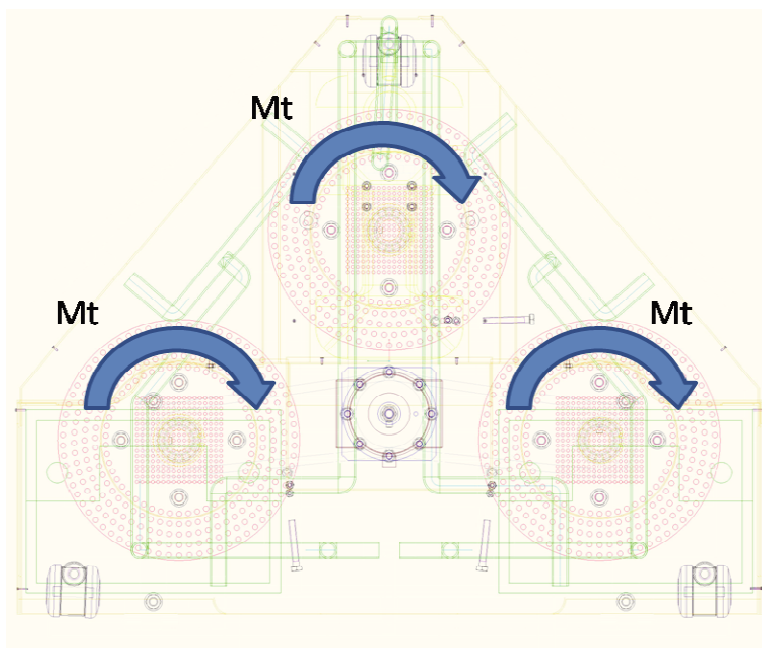
Obrázek č. 43 – Uchycení plechů

Horní kryt je uložen na dvou pantech [23], aby šlo kryt lehce otevřít a vyměnit baterie, případně napnout řemen. Z druhé strany je zajištěn křídlatým šroubkem, který je zašroubován do matice. Matice je přivařena na vnitřním krytu. Na obr. 20 je horní kryt znázorněn průhledně.



Obr. 44 – horní kryt

7. Návrh pohonu pro pohyb kartáčů:



Obrázek č. 45 – momenty na kartáčích

Přítlak kartáče – $m = 5\text{ kg}$

Otáčky kartáče – $n = 480\text{ ot/min}$

Průměr kartáče – $D = 230\text{ mm}$

Rychlost čištění – $v = 0,8\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Třecí odpor – $f = 0,45$ [24]

Deformace vlákna – $k = 0,4$ [24]

Bezpečnost – $k_b = 1,5$

Celkový moment je vypočítán z třecího momentu mezi kartáčem a plochou střechy:

$$M_c = 3 * M_t \quad (1)$$

Třecí moment na jednom kartáči:

$$M_t = F_t * \frac{D}{2} \quad (2)$$

Výpočet třecí síly:

-jelikož dochází k ohybu vláken kartáče, je nutno započítat koeficient k (deformace vlákna)

$$F_t = m * g * f * k \quad (3)$$

Po dosazení do vzorce (2) a (3) je možno spočítat celkový moment:

$$M_t = 8,829 * \frac{0,23}{2} = 1,015 Nm$$

$$F_t = 5 * 9,81 * 0,45 * 0,4 = 8,829 N$$

Do výsledného výpočtu celkového momentu je třeba zakomponovat i bezpečnost:

$$M_c = 3 * M_t * k_b = 3 * 1,015 * 1,5 = 4,56 Nm \quad (4)$$

Vztah pro výpočet výkonu:

$$P = M_c * \omega \quad (5)$$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \quad (6)$$

Dosazení rovnice (6) do rovnice (5):

$$P = M_c * 2 * \pi * \frac{n}{60} \quad (7)$$

$$P = 4,56 * 2 * \pi * \frac{480}{60} = 230 W$$

Potřebný výkon pro pohyb kartáčů je 230 W.

Byl vybrán motor firmy ATAS P2SZ447 [23]:

Parametr	Hodnota
Výkon	252 W
Napětí	24 V
Otáčky	3000 min ⁻¹
Hmotnost	3,3 kg

Tab. 13 – parametry motoru



Obr. 46 – motor

Byla vybrána převodovka firmy TG Drives MRP 090 [24]:

Parametr	Hodnota
Převod	7:1
Jmenovitý výkon	2,5 kW
Účinnost	96%
Hmotnost	3 kg

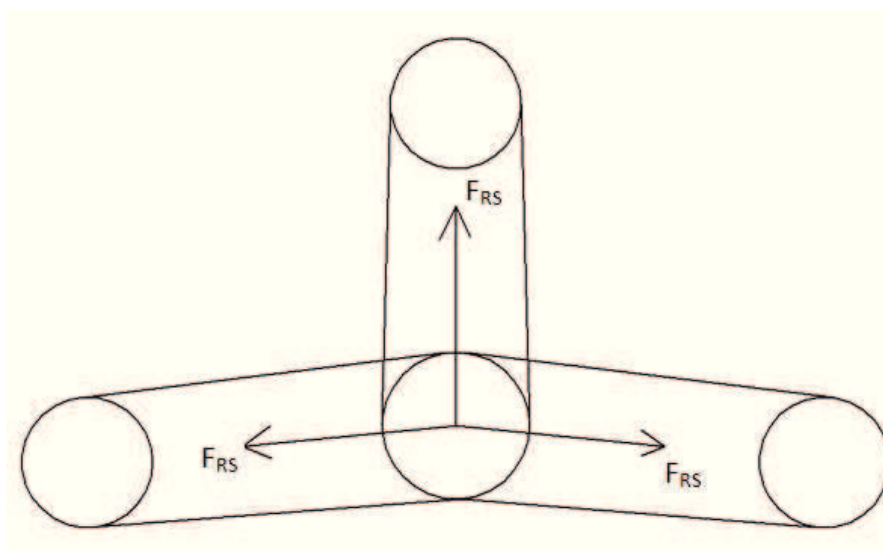
Tab. 14 – parametry převodovky



Obr. 47 – převodovka

8. Výpočet hřídele převodovky

Síly působící na hřídel převodovky:



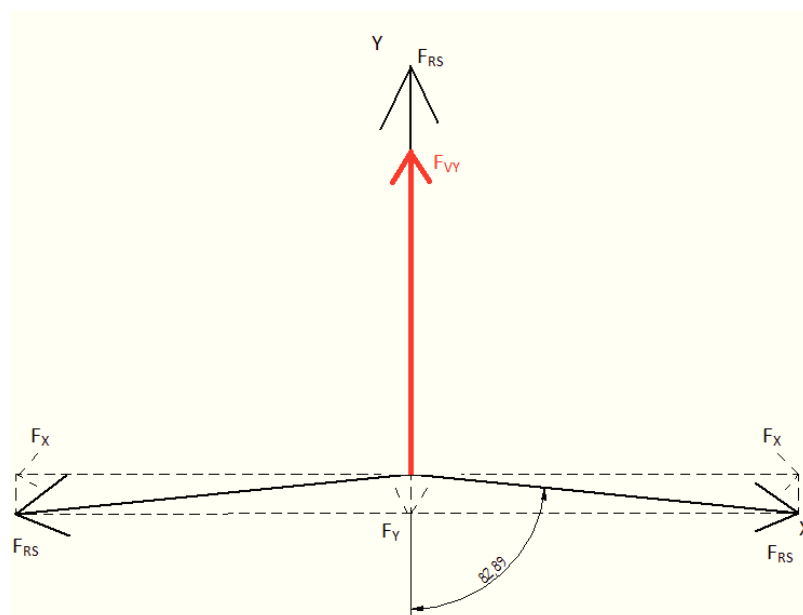
Ob. 48 – síly působící na hřídel převodovky

Výpočet sil:

Z programu mitcalc byla zjištěna síla působící na hřídel převodovky:

$$F_{RS} = 223,7 \text{ N}$$

Zjednodušené schéma zatížení:



Obr. 49 – zjednodušené schéma zatížení

Síly působící v ose X:

$$F_X = \sin 82,89 * F_{RS} = \sin 82,89 * 223,7 = 221,98N \quad (8)$$

$$F_{VX} = F_X - F_X = 0 \quad (9)$$

Síly působící v ose Y:

$$F_Y = \cos 82,89 * F_{RS} = \cos 82,89 * 223,7 = 27,68N \quad (10)$$

$$F_{VY} = F_{RS} - 2 * F_Y = 223,7 - 2 * 27,68 = 168,34N \quad (11)$$

Maximální možné zatížení hřídele převodovky v radiálním směru je 2500N

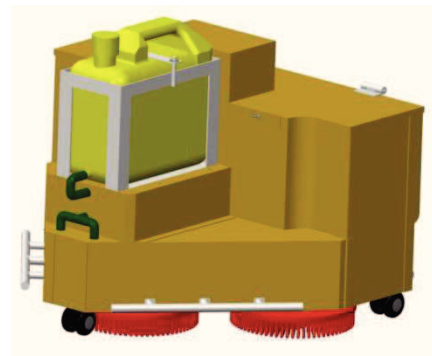
2500 > 168,34 - **vyhovuje.**

9. Cenová bilance

Kompletní cenová bilance se všemi komponenty a časem na jednotlivé úkony obrábění se nachází v příloze. Zde jsou zobrazeny jen celkové vypočítané části.

Část	Cena [kč]
Rám	5735
Pohon	24 680
Rozvod vody a čisticího prostředku	3340
Krytování	3 530
Spojovací materiál	1 000
Montáž	4 000
Celkem	42285

Tab. 15 - cenová bilance



Obr. 50 – nástavec

10. Technicko-ekonomické zhodnocení

Čištěním střech se zabývají specializované firmy, které nabízejí různé druhy čištění a renovace střech. Často se jedná o výškové čištění, a proto se musí postupovat podle bezpečnostních směrnic a zaměstnanci musí být odborně školení. Tímto se práce prodrazí a cena pracovníka se může pohybovat kolem 400 Kč/hod. U tlakového mytí se navíc připočítává další sazba dle rozsahu plochy, která se může pohybovat kolem 50 Kč/m².

Navržený čistící subsystém nalezne především uplatnění u specializovaných firem, které budou moci rozšířit svou nabídku při čištění rozsáhlých rovinných ploch např. haly.

Náklady na pořízení navrženého subsystému, jehož nejdražší částí je pohonná jednotka, která je tvořena planetovou převodovkou firmy TG drives a motorem Atas, budou eliminovány nižšími náklady na celkový provoz.

11. Závěr

V práci je popsán konstrukční návrh čisticího nástavce pro údržbu (čištění) střech. V úvodu byla provedena analýza střech, střešních krytin a dosavadních způsobů čištění střešních ploch. Následně byly popsány dva druhy robotů a to pro čištění okapů a oken.

Na základě této analýzy byl sestaven požadavkový list, z něhož vyplývají vlastnosti, které by čisticí nástavec měl splňovat. Byly zpracovány čtyři varianty, kde každá z nich měla jiný počet kartáčů, které byly různě uspořádány. Navržené varianty byly porovnány hodnotovou analýzou a byla vybrána optimální varianta.

Optimální variantou se ukázala varianta s třemi diskovými kartáči, která byla konstrukčně detailně propracována. Jelikož bylo požadováno, aby byl nástavec samostatný (měl vlastní pohon), bylo nutno navrhnout vhodný motor s převodovkou. Baterie byly situovány rovněž do rámu nástavce, z toho je patrné, že celková hmotnost subsystému bude vcelku vysoká. Z tohoto důvodu byly přidány otočné kolečka, které zvyšují stabilitu nástavce a odlehčují trvalému zatížení připojovacího respektive zvedacího mechanismu.

Při konstrukci rámu nástavce se dával důraz na vhodné rozložení zatížení vnitřních komponent (baterie, motor, nádrž, atd.) aby nedošlo k deformaci. Dále byl kladen důraz na krytování, aby se voda a různé nečistoty nedostaly do vnitřního prostoru nástavce a nedošlo tak ke zničení funkčních částí.

Byla provedena cenová bilance, kde se ukázalo, že nejdražší částí bude pohon a jeho příslušenství. Přesněji planetová převodovka firmy TG drives, která byla zvolena k vytvoření dostatečného krouticího momentu. Celková cena subsystému s montáží se pohybuje kolem 42,5 tisíce korun.

Pokud by se měl nástavec v budoucnu používat, je třeba dořešit kabeláž a vhodné umístění ovládacích prvků čerpadla a motoru případně jejich řízení na dálkové ovládání. Dále, pokud bude robot pracovat pouze na jedné střeše, bylo by potřeba vyřešit bunkr pro úschovu nástavce.

12. Použitá literatura

- [1] Střechy. *Wikipedie* [online]. 2013 [cit. 2013-10-8]. Dostupné z:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/St%C5%99echa>
- [2] Střechy. *Střechy ploché i šikmé* [online]. 2013 [cit. 2013-10-8]. Dostupné z:
<http://strehyplocheisikme.netstranky.cz/neco-o-strechach.html>
- [3] Krytiny. *Wikipedie* [online]. 2013 [cit. 2013-10-8]. Dostupné z:
http://cs.wikipedia.org/wiki/St%C5%99e%C5%A1n%C3%AD_krytina
- [4] Šindel. *Wikipedie* [online]. 2013 [cit. 2013-10-8]. Dostupné z:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%A0indel>
- [5] Břidlice. *Wikipedie* [online]. 2013 [cit. 2013-10-8]. Dostupné z:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/B%C5%99idlice>
- [6] Střešní taška. *Wikipedie* [online]. 2013 [cit. 2013-10-8]. Dostupné z:
http://cs.wikipedia.org/wiki/St%C5%99e%C5%A1n%C3%AD_ta%C5%A1ka
- [7] Asfalt. *Wikipedie* [online]. 2013 [cit. 2013-10-8]. Dostupné z:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Asfalt>
- [8] Čištění střech. *Ruukki střechy* [online]. 2013 [cit. 2013-10-9]. Dostupné z:
<http://www.ruukkistrechy.cz/Vse-o-strechach/Pokyny-k-udrzbe-strechy>
- [9] Čištění. *Očista prostor CZ* [online]. 2013 [cit. 2013-10-9]. Dostupné z:
<http://www.ocista-prostor.cz/cisteni-a-renovace-strech-a-stresni-krytiny>
- [10] Robot. *Wikipedie* [online]. 2013 [cit. 2013-10-8]. Dostupné z:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Robot>
- [11] Servisní robot. *Robotika skripta VŠB* [online]. 2013 [cit. 2013-10-8]. Dostupné z:
http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/PRM/Text/Skripta_PRaM.pdf
- [12] Servisní robot. *Projekt VŠB* [online]. 2013 [cit. 2013-10-8]. Dostupné z:
<http://projekty.fs.vsb.cz/147/ucebniopory/978-80-248-2728-5.pdf>
- [13] Robot Looj 330. *iRobot* [online]. 2013 [cit. 2013-10-8]. Dostupné z:
<http://www.irobot.cz/venkovni-roboti/looj-330.html>

- [14] Robot HOBOT - 168. *Hobot* [online]. 2013 [cit. 2013-10-8]. Dostupné z: <http://www.hobot.cz/jak-pracuje-hobot.html>
- [15] Renov-express. *Biotec* [online]. 2014 [cit. 2014-4-2]. Dostupné z: <http://www.biotec.cz/renov-express.html>
- [16] L profily. *Dama* [online]. 2014 [cit. 2014-4-2]. Dostupné z: <http://hutni.idama.cz/l-35x-35x-4-574/>
- [17] Baterie. *Autodily* [online]. 2014 [cit. 2014-4-2]. Dostupné z: <http://www.autodilyhh.cz/baterie-12v-60ah-540a-000915105de-1>
- [18] Kanystr. *Obaly* [online]. 2014 [cit. 2014-4-2]. Dostupné z: <http://www.obaly.cz/plastovy-kanystr-5l-s-kohoutem-p31426/>
- [19] Kartáč. *Kartáčovna Koloveč* [online]. 2014 [cit. 2014-4-8]. Dostupné z: <http://www.kartacovnakolovec.cz/cz/poptavka/kartacove-disky/>
- [20] Čerpadlo. *Alibaba* [online]. 2014 [cit. 2014-4-8]. Dostupné z: http://microdcpump.en.alibaba.com/product/420222942-211995460/micro_dc_water_pump_DC40A.html
- [21] Kolečka. *Misumi* [online]. 2014 [cit. 2014-4-8]. Dostupné z: <http://cz.misumi-ec.com/eu/ItemDetail/10302287450.html>
- [22] Navíjecí buben. *Levné-topení* [online]. 2014 [cit. 2014-4-15]. Dostupné z: <http://www.levne-topeni.cz/product/vyprodej/automaticky-navijeci-buben-s-hadici/1702>
- [23] Panty. *Setro* [online]. 2014 [cit. 2014-4-15]. Dostupné z: http://www.setro.sk/_cms/_files/757b505cfd34c64c85ca5b5690ee5293/44-46.pdf
- [24] LEINVEBER, Jan. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 3. dopl. vyd. Úvaly: ALBRA, 2006, xiv, 914 s. ISBN 80-736-1033-7.
- [25] Motor. *Atas* [online]. 2014 [cit. 2014-4-15]. Dostupné z: <http://www.atas.cz/files/P2SZ.PDF>
- [26] Převodovka. *TG drives* [online]. 2014 [cit. 2014-4-15]. Dostupné z: <http://www.tgdrives.cz/prevodovky-a-linearni-jednotky/planetove-prevodovky/mrp-090/>

13. Seznam příloh

1. Výpočty
 - a. Hřídel kartáče
 - b. Tyč napínacího mechanismu
 - c. Baterie
 - d. Řemenový převod
2. Cenová bilance
3. Výkresová dokumentace
 - a. Výkres sestavy
 - b. Výkres svařence